

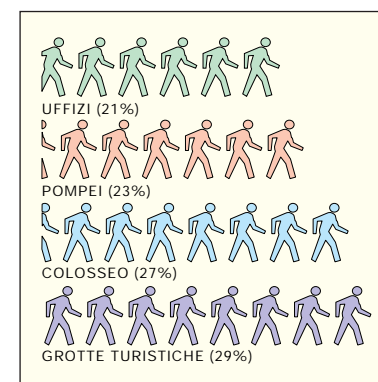


## Tutela e conservazione dell'ambiente sotterraneo

MAURO CHIESI · LUCA LAPINI · FABIO STOCH

131

### ■ Fruizione turistica, speleologica, sportiva e conservazione



Entità del turismo sotterraneo in Italia nel 1998

### Entità e distribuzione del turismo sotterraneo.

Le grotte e gli ipogei in generale sono accessibili in due modi, quello speleologico e quello turistico.

Le 800 grotte turistiche importanti nel mondo veicolano ogni anno circa 170 milioni di visitatori svolgendo un ruolo socioeconomico non trascurabile da cui trae reddito una popolazione di oltre 10 milioni di persone.

In Italia, il turismo sotterraneo in cavità naturali e in ipogei artificiali coinvolge ogni anno circa 2,5 milioni di persone; ciò costituisce un cospicuo introito finanziario e rivela, di fatto, un potenziale interesse naturalistico specificamente assolutamente non trascurabile.

La parte più rilevante di tale flusso (circa 1,5 milioni/anno) viene assorbita dalle visite di circa 70 "grotte turistiche"; conseguentemente i problemi ambientali indotti si esplicano solo in poche decine di grotte: lo 0,3% ca. delle cavità naturali attualmente conosciute (oltre 33 000). Le grotte turistiche sono importanti infrastrutture dove il rendimento della "azienda grotta" deve coesistere con la conservazione del bene che è alla base di questo rendimento.

Parallelamente a questo afflusso esiste una folta schiera di appassionati dell'escursionismo speleologico che percorre in lungo e in largo i sentieri sotterranei di grotte "non turistiche". Comprendendo le persone coinvolte nei corsi e nelle visite guidate, possiamo stimare che circa 12 000 speleologi svolgono escursioni in grotta ogni anno: se questa attività fosse omogeneamente distribuita nelle oltre 33 000 cavità conosciute, il danno ambientale relativo sarebbe pressoché ininfluente. Di fatto non è così: ci sono grotte, in ogni regione italiana, consumate esplorazione dopo esplorazione con danni conseguenti a volte gravi e irreversibili.

La Grotta Gigante presso Trieste (Venezia Giulia) è una delle più visitate grotte turistiche italiane



Utilizzo termale delle grotte di Monsummano Terme (Toscana)

**Speleologi e grotte turistiche.** Con la crescita del movimento speleologico, stante la delicatezza degli ambienti carsici, si sono manifestati i primi segnali di sofferenza "da eccesso di fruizione" proprio di quei beni di cui si andava conoscendo non solamente bellezza e integrità, ma anche delicatezza e peculiarità dei fragili meccanismi ambientali che li determinano. Parallelamente alla crescita di una coscienza ambientale propria della speleologia, quindi, è andata maturando l'esigenza di porre dei limiti al consumo diretto (le cave e le asportazioni di concrezioni) ed allo

sfruttamento inconsapevole (impatto umano) dei territori carsici, sino ad arrivare alla consapevolezza che esiste una "soglia di tollerabilità" anche per quel che riguarda il numero di visitatori - sia che questi siano turisti o speleologi o visitatori occasionali - di una singola grotta o una parte di essa.

Gli speleologi sanno spingersi, con grandi difficoltà tecniche, a decine di ore dagli ingressi riemergendo con l'impressione di aver toccato il centro della Terra. Dall'altra parte certe grotte vengono adattate nelle loro porzioni meno profonde per un turismo di massa: vi vengono installati sentieri, scavate gallerie, messe in opera luci di ogni sorta per sfruttare il "bene grotta" inteso come un complesso di concrezionamenti di cui non esiste, all'esterno, qualcosa di analogo. Negli anni le tecniche si sono affinate, i corsi di speleologia arrivano normalmente in luoghi dove decenni fa si arrivava stremati: abbandonarvi materiali esplorativi non è più ammissibile, come non si devono abbandonare sui sentieri esterni. Le grotte hanno cominciato a mostrare d'essere molto più grandi di quel che si pensava, ma anche molto meno capaci di sopportare l'impatto degli esploratori.

Dall'altra parte anche le grotte turistiche hanno mostrato di essere ambienti fragili: le scenografie hanno mostrato tendenza a sfaldarsi sotto l'urto di milioni di visitatori. I due cammini, quello della fruizione speleologica e quello della fruizione turistica del mondo sotterraneo, hanno cominciato ad avvicinarsi sino ad intersecarsi in questi anni: oggi sappiamo che le grotte vanno protette sia dagli adattamenti imprudenti sia dagli speleologi ignoranti.

Se è vero che esiste una avversione diffusa tra gli speleologi nei confronti delle "grotte turistiche", questo è da attribuirsi ai danni che ha prodotto e produce un turismo di massa inconsapevole del "consumo", quindi della distruzione irreversibile, proprio di quei beni naturali - oggetto del richiamo turistico -

conosciuti grazie all'opera di esplorazione e documentazione degli speleologi. Ogni frequentazione dell'ambiente sotterraneo, sia pure sporadica, provoca un'alterazione all'ecosistema. Può trattarsi di un'alterazione temporanea, con un generico aumento d'energia del sistema, oppure permanente, come nella rottura di concrezioni. L'inquinamento e la distruzione sono causati dall'ignoranza, o dalla sottovalutazione, degli effetti nocivi conseguenti a determinate azioni. Solo cominciando a studiare gli effetti delle fruizioni di massa all'interno delle grotte turistiche si è cominciato a comprendere quali e quanti danni possono inconsapevolmente essere arrecati al fragile ambiente sotterraneo.

**Il "livello energetico" di una grotta.** Il concetto di *livello energetico di una grotta* (sviluppato da Heaton nel 1986) è un fondamentale parametro che ci permette di prevedere, in prima approssimazione, il peso relativo dell'influenza dell'uomo sull'ambiente ipogeo. Si distinguono tre differenti livelli, via via decrescenti di vari ordini di grandezza:





1. *le grotte ad alta energia* sono interessate periodicamente da eventi imponenti quali le alluvioni
2. *le grotte a media energia* sono interessate da apporti energetici da parte di piccoli corsi d'acqua, del vento e degli animali
3. *le grotte a bassa energia*, infine, sono quelle in cui il flusso energetico è in pratica ridotto al solo stitilicidio.

Va da sé che in grotte della prima categoria non vi sono problemi all'introduzione di visitatori: i periodici apporti energetici naturali sono in grado di cancellare, azzerandole, le modificazioni indotte dalle visite. Le grotte a energia intermedia, ricche di concrezioni, possono al contrario essere pesantemente disturbate da un flusso di visite quando il conseguente apporto energetico diviene confrontabile con il bilancio energetico della grotta stessa. Le grotte a bassa energia, infine, non devono essere frequentate: l'influenza indotta dalla presenza umana è in grado di perturbare irreversibilmente l'equilibrio generale dei parametri ambientali.



San Giovanni d'Antro: la chiesa all'ingresso della grotta fortificata con sorgente

**Il concetto di "capacità ricettiva" di una grotta.** Dal punto di vista del flusso di energia o di massa, la quasi totalità delle grotte deve essere considerata come un ambiente quasi isolato; al fine di mantenere la perturbazione del-

| CAUSE UMANE · SPELEOLOGI   |   | DETERIORAMENTO   |   |
|--|---|--|---|
| <b>contaminazioni:</b><br>rifiuti<br>carburo<br>batterie<br>indumenti<br>coloranti |                              | <b>asportazioni:</b><br>furto di concrezioni<br>depositi archeologici<br>minerali<br>fauna   |    |
|  | <b>danni fisici:</b><br>rottura di concrezioni<br>calpestio<br>esplosioni<br>scassi<br>allargamento strettoie |  | <b>graffiti:</b><br>carburo<br>vernici<br>incisioni                                 |
| DANNI GRAVI ALLE GROTTE  |   |  |   |
| INDUSTRIA ZOOTECNICA · POPOLAZIONE   |   | DISTRUZIONE PARZIALE   |   |
| esplosioni di cava   | inquinamento<br>zootecnico<br><br>inquinamento<br>industriale   | occultamento rifiuti   |    |
| DISTRUZIONE DELLE GROTTE   |   |  |   |
| INDUSTRIA  |   | DISTRUZIONE TOTALE   |   |
| grotte "consumate" dalle cave  |   | <b>grotte "riempite" da:</b><br>rifiuti solidi urbani<br>inerti<br>cemento<br>rifiuti industriali<br>rifiuti agroalimentari<br>idrocarburi<br>scarichi fognari<br>spoglie di animali morti |  |

Principali cause di degrado delle cavità naturali

l'ambiente entro una soglia accettabile di reversibilità, occorre limitare la modificazione dei parametri ambientali fondamentali. La capacità ricettiva di una grotta può essere definita come "... il massimo numero di visitatori accettabili in una determinata unità di tempo e con condizioni definite, che non implica una permanente modificazione di un parametro rilevante" (definizione data da A. Cigna). Questa definizione è applicabile indistintamente a tutti gli ipogei. Riconoscendo che i parametri ambientali subiscono fluttuazioni naturali nel tempo, si pone l'attenzione a quelle variazioni che a seguito della frequentazione di visitatori si scostano da tali andamenti naturali. In questo modo è possibile determinare quali parametri "critici" sono da tenere costantemente sotto controllo con particolare riguardo. Ecco perché è da ritenere indispensabile effettuare un monitoraggio preliminare ad ogni progetto di adattamento turistico: si devono rilevare i valori naturali di riferimento e stabilire la dinamica (energia) naturale del sistema, che è esclusivo e caratteristico di ogni grotta o ipogeo.

Accomunare lo "speleologo" al "turista" sotterraneo non è una forzatura: dal punto di vista dell'ecosistema grotta non vi è sostanziale differenza, sia sotto il profilo della scala del problema (nel nostro caso una singola cavità) sia sotto il profilo dell'analisi dei fattori di degrado producibili. Alla scala di una singola grotta la qualità dei danni producibili è essenzialmente identica: il danno aumenta in funzione della frequenza dei passaggi nelle varie aree sensibili della grotta. L'adattamento turistico, quindi, influisce prevalentemente sulla quantità del danno piuttosto che sulla qualità, fatti salvi ovviamente i casi in cui all'adattamento turistico corrispondano opere infrastrutturali interne (percorsi, disostruzioni, apertura di nuovi ingressi, ecc.) ed esterne (apertura di strade, piazzali di sosta, ecc.) pesanti e irreversibili. Le possibili risposte ai problemi esposti sono essenzialmente le medesime, richiamando tutte a:

- valutazione preventiva delle condizioni ambientali precedenti alle esplorazioni/visite
- minimizzazione dell'impatto da visitatori/speleologi
- codice di comportamento etico/deontologico e necessità di vigilanza.

### ■ Degrado ambientale ed inquinamento delle acque

Gli acquiferi carsici rappresentano oggi circa il 40% delle fonti di approvvigionamento idrico (per usi potabili e non) nel bacino del Mediterraneo, e la tendenza è per un sempre maggiore sfruttamento degli stessi, nonostante siano oggi poco conosciuti, poco studiati, ancor meno protetti. Per le loro particolari caratteristiche risultano generalmente molto vulnerabili all'inquinamento e molto esposti a rischi di contaminazione, sia accidentale che permanente. Tra le principali fonti di inquinamento e contaminazione ricordiamo gli scarichi



civili, industriali, zootecnici, agricoli, oltre alle discariche di rifiuti solidi urbani e industriali e, per finire, le fonti permanenti o accidentali dovute al traffico veicolare.

Gli acquiferi carsici presentano per lo più caratteristiche dinamiche tali da esercitare uno scarsissimo contrasto alla diffusione degli inquinanti: possiedono elevate velocità di flusso e scarsissima capacità di autodepurazione.

Il percorso di un'inquinante, dalla superficie al recapito, avviene attraverso:

- introduzione dell'inquinante
- migrazione ed evoluzione dell'inquinante in zona non satura (zona vadosa)
- propagazione ed evoluzione nella zona satura (freatica)
- restituzione dell'inquinante.

Se la copertura del carso (ove presente) può ridurre gli effetti dell'inquinamento, nel percorso dalla zona vadosa a quella freatica è la velocità del flusso a determinare direttamente la capacità autodepurativa, influenzando sulla sedimentazione e sulla ossigenazione, quindi sulle condizioni biologiche complessive (azioni battericide e antibiotiche, chiusura del ciclo biologico alimentare da parte di organismi predatori). Questi fenomeni, fondamentali nell'autodepurazione delle acque superficiali, sono assai meno attivi ed efficaci nella zona non satura del carso.

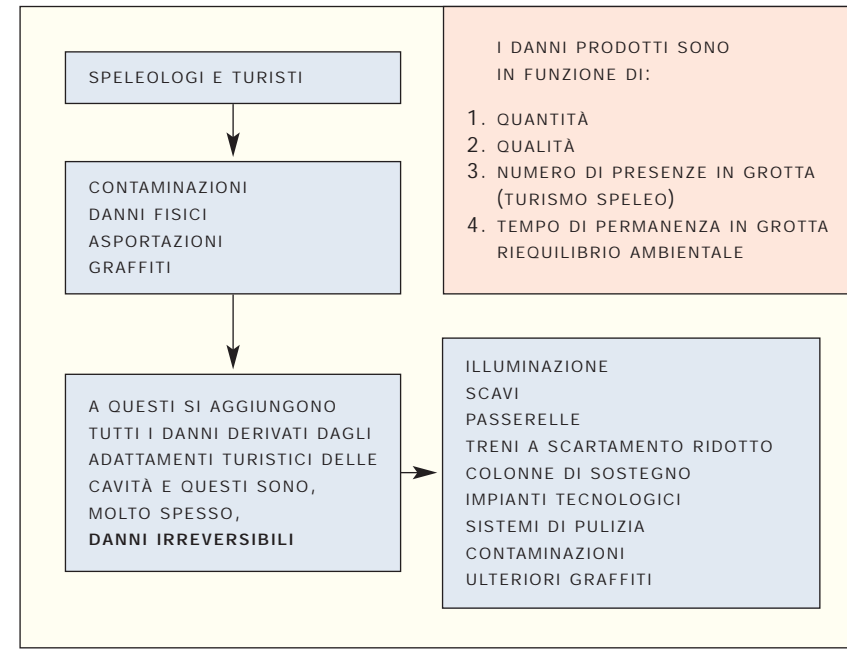
Nella zona freatica, in assenza di ossigenazione, il potere depurante è praticamente limitato alla eventuale azione di diluizione per apporti non inquinati.

La restituzione dell'inquinante, infine, dipende dalle caratteristiche idrogeologiche complessive: se l'acquifero è impostato prevalentemente in condotti la risposta ai recapiti è estremamente veloce e concentrata, mentre nei sistemi impostati su reticoli di fratture l'onda inquinante arriva lentamente e diluita, anche molto, nel tempo. Interessante è notare come il fattore tempo agisca in modo differente a seconda dell'inquinante: è importante nel caso di batteri patogeni, ininfluente in altri casi, ad esempio per i cloruri.

Banalizzando ancora, possiamo affermare che sono fattori estremamente sfavorevoli l'assenza di copertura, la presenza di inghiottitoi attivi e il deflusso in condotte di rapido scorrimento.

A parità di carico inquinante le dimensioni e la geometria dell'acquifero influenzano direttamente sul grado di vulnerabilità: sorgenti che drenano acque assorbite in aree vaste caratterizzate da notevoli spessori della zona non satura (massicci carsici) presentano una vulnerabilità inferiore rispetto ad acquiferi di modesto spessore con reti freatiche localizzate poche decine di metri al di sotto della superficie. È il caso di tutti gli acquiferi nei gessi che, a titolo di esempio, costituiscono circa un terzo del territorio delle assetate province siciliane di Agrigento, Enna, Caltanissetta.

Per finire accenniamo all'effetto "pistonaggio" cui sono sottoposti gli acquiferi carsici in caso di piena: questo può ripercuotersi direttamente sia in termini



I fattori di degrado indotti agli ipogei dalla frequentazione umana

favorevoli alla diluizione di un inquinante (nel caso vengano "pistonate" dal reticolo di fratture nell'acquifero acque pulite) oppure viceversa pesantemente in termini negativi (nel caso della rimozione in massa di accumuli di inquinante "intrappolati" in sifoni e specchi d'acqua della zona vadosa), con restituzione al recapito di onde concentrate di inquinante.

La tutela della qualità delle acque sotterranee va rivolta anche alla necessità di conservare l'integrità della sua delicata comunità animale, sia per motivi di ordine protezionistico, sia per motivi di ordine pratico, poiché gli organismi svolgono un ruolo essenziale nel riciclo della sostanza organica e pertanto nell'autodepurazione delle acque. Quando la qualità delle acque è riferita all'integrità del suo popolamento, si parla di qualità biologica.

I metodi di valutazione della qualità biologica delle acque superficiali sono noti da tempo e da quasi un ventennio vengono impiegati correntemente per la valutazione del grado di inquinamento dei corsi d'acqua di superficie. Sono noti i vantaggi di questi metodi, basati sullo studio dei macroinvertebrati bentonici (organismi di fondo di dimensioni superiori al mm), rispetto ai metodi chimici e microbiologici. Gli organismi acquatici infatti, essendo sensibili al tasso di inquinamento e vivendo con continuità nell'ambiente acquatico, regi-

strano le variazioni di qualità delle acque con notevole precisione e possono essere utilizzati con successo anche laddove le analisi chimiche non forniscono risultati adeguati (ad esempio nel caso di inquinamenti intermittenti o episodici).

L'uso di bioindicatori nello studio della qualità delle acque sotterranee è più complesso, per una serie di problematiche di non facile soluzione:

- minore biodiversità (mancando quasi totalmente gli insetti), che richiede una identificazione degli organismi a livello di specie e non di genere o famiglia, come accade nelle acque di superficie e obbliga a considerare nello studio oltre ai macroinvertebrati anche la meiofauna (cioè organismi di dimensioni comprese tra 0.3 e 1 mm)
- le necessità di tecniche specialistiche per il campionamento, lo studio e l'identificazione degli esemplari, spesso laboriose e basate solamente sulla letteratura specializzata

Quest'ultimo punto è reso ulteriormente complesso da altri due fattori:

- la conoscenza insufficiente della tassonomia e distribuzione delle specie delle acque sotterranee italiane, dove vengono scoperte ogni anno specie nuove per la scienza o per l'Italia
- l'elevata tendenza alla formazione di specie endemiche, con la conseguenza che la fauna risulta essere diversa in ogni singolo massiccio carsico.

Nonostante questi problemi di carattere tecnico, gli studi sinora realizzati in Francia, Olanda e Stati Uniti hanno dimostrato l'efficacia di tale metodologia nella sorveglianza ecologica delle falde acquifere e sono state sviluppate tecniche adeguate per le acque interstiziali. Per le acque carsiche il problema del campionamento è più complesso e le tecniche sono tuttora in corso di perfezionamento; in Italia tali tecniche sono state applicate raramente alle acque di grotta e delle sorgenti carsiche. In genere si è notato che dove si assiste ad un lieve inquinamento organico decresce il numero degli stigobi, più sensibili, a favore dei stigofili e degli stigosseni, a più ampia valenza ecologica, fino ad arrivare a delle situazioni limite in cui gli stigobi scompaiono completamente per lasciare spazio a dense popolazioni di specie stigossene che traggono vantaggio dall'accumulo di materiale organico in decomposizione. Questo fenomeno è stato riscontrato in un recente studio condotto sulla fauna dei Monti Lessini, dove in una cavità ad elevato tasso di inquinamento organico (Spurga di Peri) sono state riscontrate solamente banali specie stigossene di oligocheti tubificidi, copepodi, ostracodi, ma anche cladoceri e coleotteri diti-scidi infrequenti nelle acque sotterranee. Questo incoraggiante risultato ci permette di affermare che la struttura dei popolamenti delle acque carsiche sotterranee ci consente di valutare lo stato di integrità biologica degli ecosistemi e dischiude la possibilità di creare degli indici di qualità delle acque in un immediato futuro.

## ■ Normative di tutela e di disciplina della pratica speleologica

Per un paese in cui oltre un terzo del territorio è carsificato e oltre il 40% delle risorse idriche ad uso potabile proviene da acquiferi carsici, il quadro normativo complessivo di tutela puntuale e territoriale relativo a queste peculiari e imperdibili risorse risulta, più che inadeguato, inaccettabile.

Nel campo della tutela del patrimonio carsico nazionale poco o nulla di concreto è stato fatto, né per prevenire le conseguenze da "impatto" di opere pubbliche e private sui siti carsici, di superficie come sotterranee, né per rimuoverle, se possibile. Ogni qual volta occorra perseguire l'inquinamento di un acquifero carsico, ad esempio, incerte sono le strade percorribili:

- la *legge 1089* del 1939 (recentemente sostituita dal D. L.vo 490 del 29.10.1999), che tutela i beni di interesse artistico, storico, archeologico, etnologico e paleontologico, è efficace solo per le grotte (non poche) che contengono beni di questo tipo: tutela il "contenuto" e non il "contenitore" (il paesaggio carsico, la superficie, la grotta, l'acquifero)
  - la *legge 1497* (recentemente sostituita dal D. L.vo 490 del 29.10.1999), sempre del 1939, preclude la possibilità di tutela di zone carsiche superficiali che non rivestano peculiari caratteristiche paesaggistiche o geologiche: ben sappiamo al contrario che un paesaggio privo di queste "peculiarità" può viceversa assumere una importanza fondamentale in rapporto al drenaggio delle acque superficiali nel caso di un carso coperto. Ma anche in caso di vincolo con questa legge è solamente l'aspetto esteriore della cavità (e solo quello) ad essere soggetto ad autorizzazione per la sua modificazione da parte della locale Soprintendenza; in caso di inosservanza, interviene la norma penale (art. 734 CP, distruzione o deturpazione di bellezze naturali) che sanziona, se oggetto vincolato, con un'ammenda da 2 a 12 milioni di lire
  - la *legge n. 319* del 1976, la "legge Merli" sull'inquinamento delle acque, si è occupata di disciplinare e regolamentare gli scarichi nelle acque, sui suoli e nel sottosuolo, ma anche nelle sue successive articolazioni e attribuzioni agli Enti Locali non ha mai costituito una valida risposta alle peculiari esigenze di tutela effettiva degli acquiferi carsici. Sono innumerevoli i casi di scarichi fognari, pubblici e non, pienamente "in tabella" che quotidianamente accumulano inquinanti all'interno di cavità carsiche che, con ricorrenza, restituiscono onde di piena ad inquinamento concentrato. E cosa dire delle discariche, controllate e non, di cui è punteggiato il Tavoliere della Puglia? Un perfetto esempio di acquifero in rapidissimo e irreversibile degrado, anche a causa dall'eccesso di emungimento cui corrisponde per vaste aree l'oramai definitiva ingressione di acque marine salate, reso inutilizzabile anche per l'irrigazione agricola.
- In questo quadro normativo, non deve stupire quindi che per tutelare queste risorse naturali si sia ricorso più volte al *R.D. n. 1016* del '39 (anno felice, evi-



Sala concrezionata nella Grotta Mitica (Prealpi Giulie, Friuli)

dentemente, per la legislazione di tutela della nostra bella Italia, ma oramai troppo lontano dall'attualità) cioè il *Testo Unico sulla Caccia* in cui all'art. 38 si predispose una apposita tutela per i Pipistrelli, oppure ancora al D.L.vo 30.12.23 *Vincoli per Scopi Idrogeologici*, o al R.D. n. 1443 del '27 *Legge Mineraria*.

L'assenza di una legge-quadro nazionale che sancisca, tutelandone l'integrità, la peculiarità degli ambiti carsici a cui afferiscono acquiferi potabili e di utilizzo agricolo, ha sinora demandato alle varieguate sensibilità regionali l'emanazione di provvedimenti a volte sì puntuali ma in sé disarticolati e a volte, per questo aspetto, inefficaci. Le stesse leggi regionali "in favore dell'attività speleologica", già operanti in alcune realtà regionali sin dal 1972, non sono "scese" a salvaguardare il patrimonio ambientale carsico. A questi strumenti legislativi dobbiamo riconoscere esclusivamente un fattivo impulso allo sviluppo del Catasto delle Grotte, strumento dinamico fondamentale per la conoscenza del territorio.

Le legislazioni sui Parchi e quelle derivanti dalla "legge Galasso", sulla predisposizione dei Piani Territoriali Paesistici Regionali e Provinciali, sempre a causa dell'assenza di una legge-quadro nazionale di indirizzo per la salvaguardia del patrimonio carsico, rappresenterebbero una occasione imperdibile per colmare il ritardo e le lacune accumulate: sono pochissimi i casi in cui questo è avvenuto, tutti casi legati alla fortuita ma combattiva presenza di speleologi tra i funzionari addetti alla pianificazione.

Un ulteriore progresso è stato fatto con il D.L.vo 11 maggio 1999, n. 152, recante disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento, comprese le acque sotterranee. Anche questa legge però, al pari della precedente, considera le acque in funzione del loro uso umano (potabilità, uso agricolo o industriale) e non dell'interesse dell'ambiente.

#### ■ La Direttiva Habitat e l'ambiente sotterraneo

Prende il nome di "Direttiva Habitat" la direttiva 92/43/CEE del Consiglio della Comunità Europea, del 21 maggio 1992, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. La direttiva habitat è stata di recente integrata (Direttiva 97/62/CE del Consiglio, del 27 ottobre 1997, recante adeguamento al progresso tecnico e scientifico della Direttiva Habitat) e trova il suo regolamento applicativo in Italia nel DPR 8 settembre 1997, n. 357. Si tratta di strumenti molto potenti per garantire la conservazione degli habitat naturali e dell'ambiente carsico, nonché della sua flora e fauna.

La direttiva si pone come obiettivo la tutela di habitat e specie di interesse comunitario, fornendo precisi criteri di selezione in base alla presenza di specie rare, endemiche, vulnerabili o a rischio di estinzione. Anche se le informa-

zioni sullo stato di rischio possono essere scarse, la rarità e l'endemicità sono criteri che si adattano perfettamente alle specie troglobie e stigobie in senso lato, e pertanto molte potrebbero essere incluse in un prossimo adeguamento normativo tra le specie di interesse comunitario. Non solo, ma la direttiva fornisce da subito degli elenchi di habitat e specie di interesse per la Comunità Europea.

Di interesse fondamentale è l'allegato I della Direttiva Habitat (allegato A del DPR 357), in cui vengono elencati i tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione. Tra questi al punto 8 della Direttiva 97/62/CE troviamo gli "Habitat rocciosi e grotte" fra cui sono elencati:

8310 (65 delle normative precedenti) Grotte non ancora sfruttate a livello turistico

8320 Campi di lava e cavità naturali

8330 Grotte marine sommerse o semisommerse.

Risulta evidente pertanto che viene richiesta agli stati membri la specifica tutela di questi ambienti. Nonostante questo fatto, le grotte incluse nei siti di interesse comunitario o nazionale (rete Natura 2000 e siti Bioitaly) sono in numero limitato, con eccezione di alcune regioni o province autonome (ad esempio il Trentino) che hanno invece proposto un congruo numero di siti da sottoporre a tutela. Sicuramente il punto debole delle scelte sinora effettuate è quello di tutelare prevalentemente singole cavità e non intere aree carsiche o bacini idrografici, tuttavia il programma di tutela è ormai avviato in modo irreversibile. Per quanto riguarda la fauna, negli allegati II (elenco delle specie animali e vegetali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione, chiamato allegato B nel DPR 357) e IV (elenco delle specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa, detto allegato D nel DPR citato) troviamo tra i vertebrati tutti i pipistrelli che frequentano le nostre grotte (ed in particolare tutte le specie del genere *Rhinolophus* nell'allegato II, la dizione "Tutte le specie" di microchiroterri nell'allegato IV), e tra gli anfibi i geotritoni (*Speleomantes*) ed il proteo (*Proteus anguinus*). Fortemente carente è invece la lista degli invertebrati, ove sostanzialmente non vi sono troglobi. Appare evidente come le grotte ove siano presenti pipistrelli, geotritoni e proteo possano essere proposte come siti da tutelare ai sensi della Direttiva Habitat.

Nel DPR 357 all'art. 8 leggiamo che per le specie dell'allegato D (e pertanto per tutti i chiroterri, i geotritoni ed il proteo) è fatto divieto di: catturare o uccidere esemplari di tali specie nell'ambiente naturale; perturbare tali specie, in particolare durante tutte le fasi del ciclo riproduttivo o durante l'ibernazione, lo svernamento o la migrazione; danneggiare o distruggere i siti di riproduzione o le aree di sosta (e pertanto tutte le grotte ove queste specie anche soltanto sostino). Per tali specie è inoltre vietato il possesso, il trasporto, lo scambio e la com-

mercializzazione di esemplari prelevati nell'ambiente naturale, salvo quelli lecitamente prelevati prima dell'entrata in vigore del presente regolamento. Di questo divieti devono essere ben consci gli speleologi ed anche i biospeleologi.



### ■ Strategie di tutela dei chiroterri

Le popolazioni di predatori con ridotti tassi riproduttivi sono rette da fragili equilibri. Se per qualche motivo esse sono già in crisi, può accadere che vengano minacciate da situazioni di disturbo anche lieve, che in condizioni ottimali potrebbero essere ben sopportate o ignorate. I chiroterri non sfuggono a questa regola e devono essere attualmente considerati fra i vertebrati a maggior rischio di estinzione

in gran parte dei paesi industrializzati. Si tratta del resto di animali particolarmente delicati anche per la loro condizione di omeotermi imperfetti. Per questo motivo essi sono infatti molto sensibili ad oscillazioni climatiche e stagionali anche ridotte. Una forte e prolungata piovosità concentrata nel periodo riproduttivo di varie specie può ad esempio provocare un fortissimo aumento della mortalità neonatale (miniotteri, rinolofi minori), e la loro distribuzione può forse addirittura essere condizionata dalle recenti modificazioni del clima, almeno in parte indotte dall'uomo.

Per quanto le informazioni relative alla situazione delle popolazioni di chiroterri europee siano tuttora molto scarse, esistono vari dati aneddotici riferiti al passato che sostengono l'ipotesi che essi siano da lungo tempo in crisi. Si tratta di informazioni sovente discontinue, ma comuni a vari paesi centroeuropei (Inghilterra, Francia, Paesi Bassi, Svizzera, Germania), che paiono concordare con una generale tendenza alla contrazione numerica di gran parte delle aggregazioni riproduttive o letargali da maggior tempo monitorate. Anche se si dispone di dati pregressi di confronto relativi a limitate situazioni locali e a poche specie, gli animali maggiormente in crisi sembrano essere i rinolofi minori e maggiori (Europa centrale), i vespertilioni maggiori (Germania), i barbastelli e i pipistrelli nani. La situazione non è ovunque omogenea, in alcune zone qualche specie mostra lievi segni di ripresa (vespertilio di Daubenton), ma la densità relativa delle loro popolazioni è dappertutto in calo.

Le cause di questa situazione di declino generalizzato non sono ancora state del tutto chiarite, ma possono essere raggruppate in categorie di varia importanza, tutte legate alla recente evoluzione di attività antropiche tradizionali.



L'origine della crisi sembra poter essere principalmente collegata alla transizione fra un'economia agricola di tipo tradizionale ed una più moderna, tesa a migliorare la resa delle diverse colture agricole. Ciò ha portato ad un maggiore utilizzo di biocidi al fine di ridurre da un lato le perdite dovute a vari agenti crittogamici ed entomologici, dall'altro a limitare la competizione delle diverse colture con varie specie erbacee infestanti. La riduzione della quantità di insetti da predare e l'accumulo di pesticidi nei tessuti adiposi di questi piccoli predatori ha coinvolto sia le specie forestali, sia quelle troglofile. L'accumulo di pesticidi nei grassi sottocutanei di questi animali è ancora poco studiato, ma è di certo particolarmente dannoso. Esso infatti rivela i suoi nefasti effetti soprattutto nei periodi di maggiore fabbisogno energetico, quando l'assorbimento di lipidi da parte dell'organismo è molto intenso e quindi interferisce con la riproduzione, l'allattamento dei piccoli e il risveglio dall'ibernazione.

Questa situazione di crisi generalizzata è aggravata da tutta una serie di circostanze di disturbo più o meno pesanti, ma sempre legate allo sfruttamento del territorio da parte dell'uomo. La continua azione di ringiovanimento delle cenosi arboree dovuta a diverse attività selvicolturali e le operazioni fitosanitarie ad esse associate hanno ad esempio contemporaneamente ridotto la quantità di cavità arboree a disposizione delle specie più spiccatamente forestali (diverse specie di nottole e vespertilioni), mentre il disturbo delle cavità ipogee legata all'escursionismo speleologico ha limitato le possibilità di aggregazione delle entità troglofile sia in fase riproduttiva, sia in fase letargale (rinolofi, miniotteri, diverse specie di vespertilioni).

Anche i pipistrelli antropofili hanno sofferto per il recente generalizzato ammodernamento dei criteri di edificazione, ma la grande adattabilità di alcune specie e la quantità di costruzioni a disposizione sembra in certi casi aver limitato i danni (si veda il caso in precedenza ricordato del pipistrello di Kuhl). Nonostante ciò, quelle più legate alle vecchie strutture edilizie almeno in parte lignee (vespertilioni maggiori, orecchioni ed alcuni rinolofi) sono state allontanate dalle costruzioni sia per l'eliminazione diretta delle strutture che li ospitavano, sia per i moderni trattamenti chimici a cui sono sottoposte quelle ancora disponibili.

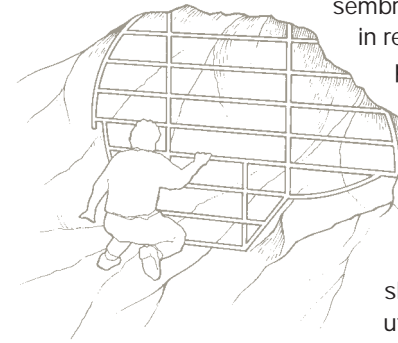
La maggior parte dei microchiroteri europei è specificatamente tutelata da diversi trattati e convenzioni internazionali (Berna e Bonn) e tutte le specie sono, come abbiamo visto, inserite nelle liste della Direttiva Habitat. Molte di queste specie sono inserite nelle Liste Rosse dell'IUCN (l'unione internazionale per la conservazione della natura) in un ambito di variazione dei livelli di attenzione che oscilla tra LR (specie a minor rischio) e VU A2c (esposto a grave rischio di estinzione per via di una riduzione del 20% prevista nei prossimi 10 anni o nelle prossime tre generazioni, dovuta al declino della superficie occupata, dell'areale e/o della qualità dell'habitat).

A livello italiano tutte le specie sono inoltre protette dalla Legge 157/92, che ne proibisce l'uccisione o il disturbo.

Sono state suggerite varie misure per mitigare l'impatto delle attività antropiche sulle popolazioni di chiroteri, ma in molti casi sono velleitarie, per lo più riducendosi a semplici proposte o dichiarazioni di intenti. Infatti, vista la grande variabilità delle possibilità di contrasto diretto e indiretto tra le esigenze logistiche ed economiche dell'uomo e questi delicati animali, poche di queste misure risultano veramente efficaci e sostenibili. Se esse venissero veramente applicate dovrebbero incidere sugli stessi modelli di sviluppo delle società occidentali, limitando drasticamente l'utilizzo di presidi chimici in agricoltura, imponendo diversi criteri di edificazione delle costruzioni e di gestione del patrimonio forestale. La stessa distribuzione di cassette nido sul territorio

sembra costituire soltanto un palliativo, dato che è in realtà funzionale a poche specie, e viene per lo

più effettuata molto limitatamente, come supporto a specifici programmi di ricerca. Per quanto concerne i chiroteri che si riproducono in cavità, comunque, la più pratica e funzionale misura di protezione contro il disturbo diretto da parte dell'uomo è la regolamentazione, per mezzo di cancelli a sbarre orizzontali, dell'accesso alle cavità più utilizzate.



## ■ Etica della speleologia

La montagna è di tutti. Gli speleologi, che cominciano a conoscerla dentro, hanno qualche diritto ma anche molti doveri in più. È dovere di ogni speleologo cosciente e responsabile prevenire e correggere ogni danneggiamento alle grotte e alle riserve idriche che racchiudono.

Quali regole etiche e deontologiche potrebbero essere consigliate le seguenti.

### Prevenire i danni all'ambiente esterno

- richiedere autorizzazioni al passaggio ogni qual volta è possibile, rispettando scrupolosamente le disposizioni dei proprietari o degli Enti di gestione dei Parchi o Riserve Naturali
- divulgare sempre la particolare dinamica e vulnerabilità degli acquiferi carsici avvertendo della loro particolare capacità di accumulo di inquinanti, della incapacità di autodepurazione e delle possibilità di restituzione in massa (concentrata) degli inquinanti accumulati al fine di far conoscere le possibili gravi compromissioni della potabilità delle captazioni di acque



- evitare di pubblicizzare la scoperta di una nuova grotta prima che siano state prese le necessarie misure di protezione: ciò eviterà di attirare eventuali curiosi (inesperti ed esposti a rischi di incidente) e di raccoglitori clandestini di concrezioni, mineralizzazioni, fauna o altro, che probabilmente danneggerebbero irreparabilmente l'integrità della grotta appena scoperta
- attribuire grande importanza all'educazione ecologica fornita dai corsi di speleologia e nella formazione delle guide del turismo speleologico
- fornire al turista sotterraneo ogni informazione utile alla comprensione della importanza della conservazione del patrimonio ipogeo e degli acquiferi carsici.

### **Prevenire i danni all'ambiente sotterraneo**

- evitare l'eccesso di ripetizioni, anche se le grotte più delicate sono quelle che attirano di più, evitando in assoluto le esplorazioni con gruppi troppo numerosi riservando ai corsi di speleologia le grotte meno delicate
- evitare il calpestio inutile, sempre e ovunque, anche in ambienti vastissimi, creando sentieri visibili (una semplice fettuccia di cotone rosso appoggiata al suolo), per passare tutti sul medesimo percorso e limitare i danni conseguenti.

### **■ Strategie di selezione delle grotte ed aree carsiche da sottoporre a tutela per la fauna**

L'urgente necessità di tutelare le grotte e le aree carsiche a rischio pone dei seri problemi sui criteri da usare per selezionare tra le oltre 33 000 cavità sinora catalogate in Italia quelle ritenute "prioritarie". Ovviamente non è possibile improvvisare o basarsi su opinioni personali ma servono metodi scientificamente rigorosi per quantificare il valore delle diverse aree carsiche ai fini di una tutela.

Rivolgendo le nostre attenzioni alla fauna, servono dei metodi oggettivi per identificare gli "hotspot" (il termine significa letteralmente "punto caldo") di biodiversità, rarità ed endemicità; in particolare, è stato dimostrato che i punti di maggior interesse sono quelli ad elevato tasso di endemismo, che solo in parte coincidono con quelli a maggiore biodiversità.

Le moderne tecniche statistiche e i programmi di GIS (Geographic Information System, cartografie computerizzate) oggi a disposizione dei ricercatori sono estremamente potenti e consentono pertanto di selezionare, mappare e attribuire dei valori per la conservazione al territorio, consentendo l'individuazione dei siti prioritari. Tuttavia queste tecniche, per quanto potenti e sofisticate, non possono basarsi su una banca dati debole ed incompleta; per poter applicare qualsiasi statistica, è necessario disporre di adeguate conoscenze sul territorio, conoscenze che possono essere acquisite solo da parte di speleologi e biospeleologi che debbono collaborare strettamente per la realizzazione di questa comune finalità.

### **■ Perché tutelare le grotte?**

In questo volume sono state esposte tutte le più salienti caratteristiche dell'ambiente carsico italiano ed è stata fatta una rapida carrellata sui gruppi zoologici che contano rappresentanti cavernicoli, sulla loro origine, distribuzione ed ecologia. È stato anche esaminato in dettaglio il problema delle strategie di tutela delle grotte, delle carenze legislative ma anche dei progressi compiuti negli ultimi anni. Ma se lo Speleologo ha ben chiare le motivazioni che inducono a ritenere le grotte e le aree carsiche siti meritevoli di una immediata tutela, giova ricordare le motivazioni per le quali questi ambienti sono di così straordinaria importanza anche per chi in una grotta non è mai entrato.

Vi sono tre grosse motivazioni che suggeriscono che la tutela delle nostre grotte è indilazionabile.

**Valore intrinseco delle grotte.** In primo luogo, le grotte racchiudono in se stesse valori scientifici e culturali per i quali sono patrimonio dell'umanità: valori geologici, mineralogici, idrogeologici, paesaggistici, archeologici, paleontologici e come habitat per specie rare ed uniche nel panorama faunistico mondiale.

**Valore economico e sociale.** Accanto al valore intrinseco, le grotte hanno anche un valore economico e sociale, sia per l'aspetto turistico (che come abbiamo visto produce un notevole introito) e ricreativo, sia perché forniscono acqua potabile ad una discreta frazione della popolazione italiana.

**Valore etico-estetico.** C'è però anche un terzo, più profondo valore, radicato nell'essenza stessa dell'animo umano, troppo spesso trascurato nei piani di tutela e fruizione del nostro patrimonio naturale. Questo aspetto ha a che fare con i sentimenti; noi apprezziamo le grotte e le loro strane creature per quello che sono, senza bisogno di un supporto scientifico o economico. Le consideriamo monumenti naturali, che, come i monumenti architettonici, sono importanti in quanto tali e per questo degni di essere tutelati. La scienza e l'economia possono fornire indicazioni indispensabili per pianificare le scelte e indirizzare gli sforzi di tutela, ma l'emozione e la meraviglia che molti di noi provano entrando in una grotta, ascoltando il rumore delle acque e osservando le strane creature bianche e cieche che si muovono nell'oscurità bastano da sole per giustificare la necessità di tutela.



## Proposte didattiche

MARGHERITA SOLARI

149

Lo studio dei fenomeni carsici ipogei potrebbe sembrare un argomento specialistico, destinato solo alle università o agli ultimi anni di una scuola superiore. In realtà non è così: l'approccio ad ambienti particolari e ricchi di fascino, come le doline e le grotte, che incutono certo un po' di timore nei più piccoli ma proprio per questo attirano e incuriosiscono, può essere un utilissimo strumento per l'educazione alla conoscenza del territorio. L'interesse delle grotte anche per la preistoria e l'archeologia creano poi immediatamente quel legame multidisciplinare che permette di affrontare lo studio di un ambiente sotto molteplici punti di vista arricchendo il patrimonio di conoscenze dello studente.

È proprio con queste finalità che vengono presentate, a conclusione di questo volume, due schede didattiche che si propongono di fornire alcuni spunti e strumenti rivolti agli insegnanti o a tutti coloro che si propongono di fare didattica della speleologia.

### ■ Topografia di una dolina

- Obiettivi di un'esercitazione topografica: stimolare la conoscenza e la lettura del proprio territorio; sviluppare le capacità di osservazione, di analisi e di astrazione; esercitare la capacità di interpretazione dei simboli cartografici.
- Prosecuzione del lavoro in campo: escursione di verifica, sul territorio, durante la quale confrontare aspettative e riscontri reali.
- Livello: secondo ciclo della Scuola Elementare e Scuola Media Inferiore (dagli 8 anni in su); il livello di approfondimento sarà direttamente collegato con la preparazione dei ragazzi (si veda la scheda sulle doline di pag. 24).

### FASI DI LAVORO

1. Studio di alcune carte topografiche di un'area carsica, preferibilmente la Carta Tecnica alla scala 1:5000 (in mancanza la tavoletta dell'IGM alla scala 1:25000) e individuazione delle aree più interessanti in cui vi siano diffuse e cartografate forme di carsismo sia superficiale (doline, polie, uvala, ecc.) che ipogeo (ingresso di grotte); nomi di località e di insediamenti antropici sono particolarmente utili per un approccio multidisciplinare alla cartografia
2. Individuata una tavoletta particolarmente significativa, fornirne copia in scala ad ogni ragazzo; pochi altri strumenti (righelli, goniometro, carta millimetra-

Grotta di Punta Galera (Palinuro, Campania)

ta e matita) sono sufficienti per lo svolgimento dell'esercitazione

3. Ricerca individuale da parte dei ragazzi dei toponimi riferiti alla morfologia; osservazione dei vari simboli che rappresentano idrografia, rilievi e scarpate, vegetazione, infrastrutture ed elementi antropici, vie di comunicazione, sentieri, ecc.

4. Osservazione e confronto delle varie rappresentazioni cartografiche delle forme carsiche superficiali: le doline, ad esempio, potranno essere rappresentate mediante curve di livello concentriche, cunei in cerchio, o semplici riferimenti altimetrici

5. Esercitazioni: individuare del perimetro delle doline rappresentate con isoipse concentriche e delimitazione della linea di rottura di pendenza dei versanti; dedurre le quote non specificate aiutandosi con le curve di livello; ricavare allo stesso modo la quota del fondo delle conche qualora non sia specificata

6. Individuazione del diametro massimo della dolina, cioè del segmento che unisce i due punti più distanti del perimetro, e del diametro minimo ad esso perpendicolare; calcolo dell'orientazione del diametro rispetto al Nord con l'uso del goniometro

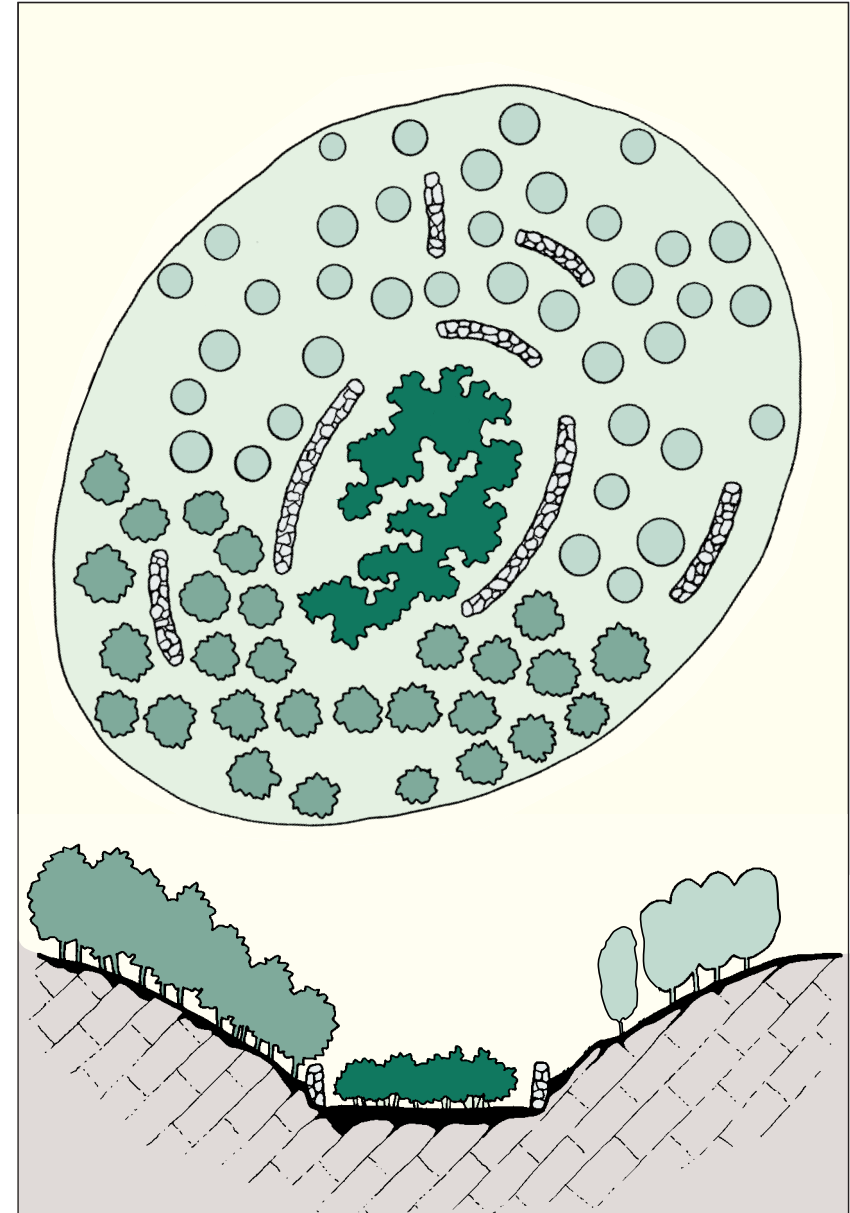
7. Disegno del profilo di una dolina: tracciare il diametro massimo della dolina e riportare in grafico, su carta millimetrata, la distanza dei punti di intersezione con le isoipse; si considerino le isoipse principali (ogni 25 metri di altimetria) per le conche di diametro grande e le curve secondarie (ogni 5 metri di altimetria, ma, a volte, anche ogni metro) per le forme minori

8. Schizzo della dolina: riportare il profilo e completarlo con simboli della vegetazione; interpretazione della legenda ed estrapolazione di informazioni sul "paesaggio"; elaborazione di una simbologia adeguata a rappresentare la vegetazione indicando specie (vegetazione arborea, vigneti, coltivazioni, ecc.) e densità; osservazione sulle eventuali diversità nella copertura vegetale dei quattro versanti

9. Esercitazione aggiuntiva: analisi e confronto della rappresentazione di un piccolo rilievo; disegno del profilo; riflessione sulle problematiche della rappresentazione cartografica.

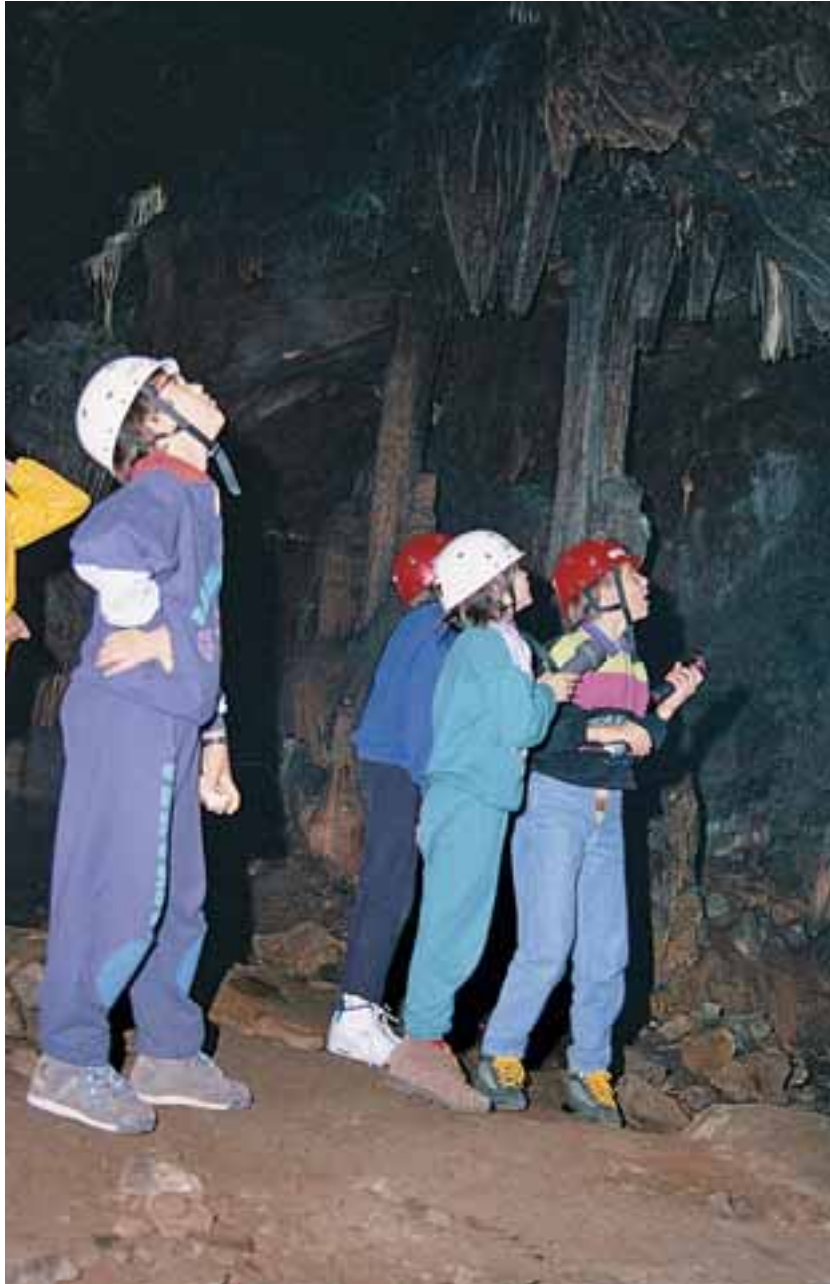
#### PROSECUZIONE DEL LAVORO

10. Escursione finale in campo: verifica delle aspettative, confronto tra il paesaggio reale e quello immaginato dedotto dalla carta topografica; esercitazione di orientamento: individuare i punti cardinali e il diametro massimo della forma; se possibile, compiere la discesa nella conca a gruppi, individuando i punti che sono serviti nel disegno del profilo (intersezione del diametro con le isoipse) e tentando di ricostruire con alcuni nastri le isoipse rappresentate sulla carta topografica; osservazioni guidate sull'ambiente naturale, in particolare sulla vegetazione dei versanti, al fondo e nel territorio circostante.



Pianta e sezione di una grande dolina del Carso triestino in cui viene evidenziato il variare della vegetazione in funzione del microclima: da sinistra a destra (quindi da Sud a Nord) boscaglia microterma, igrofila e termofila





## ■ Un'escursione in grotta

• Obiettivi della visita ad una cavità naturale: approfondire le tematiche del percorso didattico; sviluppare le capacità di esplorazione, orientamento e osservazione, fondamentali per un migliore radicamento delle conoscenze acquisite; completare il percorso formativo con l'esperienza diretta e rinforzare le conoscenze tramite la concretizzazione delle situazioni vissute; coniugare divertimento e studio in una ricerca multidisciplinare (prima di iniziare ad organizzare un'attività di questo genere, si consiglia di compiere un'indagine nella classe al fine di rilevare eventuali casi di claustrofobia: in questo caso è lecito solamente creare motivazioni per vincere leggeri timori, ma non sforzare nessuno).

• Livello: classi della Scuola Elementare o Media (oppure dagli 8 anni in poi), ma è possibile realizzare iniziative di questo tipo, opportunamente modificate e preparate, anche con bambini più piccoli (esperienze analoghe sono state realizzate anche con bambini delle scuole materne).

A seconda degli obiettivi e delle capacità dei ragazzi, considerando la loro esperienza escursionistica, è possibile prevedere vari livelli di escursione:

- visita ad una grotta turistica (in scarpe da ginnastica e giacca a vento) in cui concentrarsi sulle osservazioni generali dell'ambiente ipogeo, che in questo caso si può presentare antropizzato e degradato
- escursione in una cavità naturale con poche difficoltà
- escursione impegnativa con uso di attrezzatura specialistica.

La scelta della cavità da esplorare ed il comportamento da tenere saranno comunque ispirati a quanto indicato nel capitolo sull'etica della speleologia.

• Collaborazioni indispensabili: è preferibile contattare un circolo speleologico in grado di fornire sia un supporto logistico sia, qualora vi siano persone specializzate nella didattica della speleologia, utili indicazioni specifiche.

Sarà utile concordare con gli speleologi la scelta della grotta e la difficoltà dell'itinerario secondo le esigenze del gruppo e programmare un numero adeguato di accompagnatori tra insegnanti e speleologi (in genere per un'escursione di media difficoltà si consiglia un accompagnatore ogni 3-4 ragazzi).

• Attrezzatura: per una grotta di media difficoltà i partecipanti dovranno essere forniti di adeguata attrezzatura: casco con luce, stivali in gomma o comunque calzature robuste, abbigliamento in lana o pile e, se l'ambiente è fangoso, ricambio di vestiti da lasciare all'ingresso della grotta.

### ATTIVITÀ PRELIMINARI

1. Introduzione teorica generale sul fenomeno carsico e sull'importanza dell'ambiente ipogeo creando aspettative e stimolando curiosità ed interesse
2. Scelta della cavità adeguata alle capacità della classe
3. Verifica del percorso da parte degli accompagnatori

4. Ricerca bibliografica e cartografica in classe per l'individuazione della cavità
5. Dibattito in classe per l'organizzazione del materiale necessario all'escursione, scelta del percorso per raggiungere la cavità, individuazione di gruppi di lavoro con diversi compiti (stesura indicazioni generali, predisposizione di schemi di rilevamento, stesura note di percorso ed altro). Approfondimento sui comportamenti corretti da tenere in grotta: seguire le indicazioni degli accompagnatori, non lasciare rifiuti, non toccare (né tantomeno rompere) le concrezioni e così via
6. Predisposizione del materiale da parte dei gruppi.

#### ESCURSIONE

7. Individuazione del percorso: il gruppo con questa mansione guida la classe all'imbocco della cavità
8. Raccolta appunti e note di percorso per la stesura della relazione: tipo di sentiero, quota, orientamento, vegetazione presente, tempo di percorso, geomorfologia ed eventuali forme di carsismo superficiale
9. Individuato e raggiunto l'ingresso della cavità, raccolta delle informazioni e dei dati morfologici, fisici e biotici:
  - forma e orientamento dell'ingresso, eventuale presenza di acqua che indica se la grotta è attiva (inghiottitoio o risorgiva)
  - variazioni di temperatura, luce, vegetazione, presenza di materiale (rami o foglie) proveniente dall'esterno
  - eventuali segni di degrado: presenza di rifiuti, di residui di carburante, stato di conservazione delle concrezioni, ecc.
10. Procedendo all'interno della cavità, rilevazione delle variazioni della luminosità percepita; con l'ausilio di un termometro, rilevazione delle variazioni di temperatura
11. Stesura di appunti sul percorso osservando gli elementi significativi per l'orientamento: biforcazioni, corsi d'acqua, ecc; esperimento sulla stesura di un rilievo planimetrico con bussola e cordella metrica, almeno su un tratto di percorso
12. Osservazioni guidate su:
  - ambiente: eventuale presenza di correnti d'aria che possono indicare aperture secondarie o ampi vani; rumore di acqua, stillicidio o ruscelli; presenza di umidità (nuvolette di vapore del respiro)
  - vegetazione: osservazioni sulla seriazione (che presenta un interessante parallelismo con l'evoluzione); vegetazione abbondante all'ingresso, via via più rada al diminuire della luminosità (es. *Parietaria*, *Lunaria annua*, ecc.)
  - morfologia della cavità: la sezione sarà determinata soprattutto dallo scorrimento dell'acqua nelle condotte, da fattori tettonici nelle gallerie; osservazione del pavimento, delle eventuali fratture, faglie, frane e crolli; osservazione delle

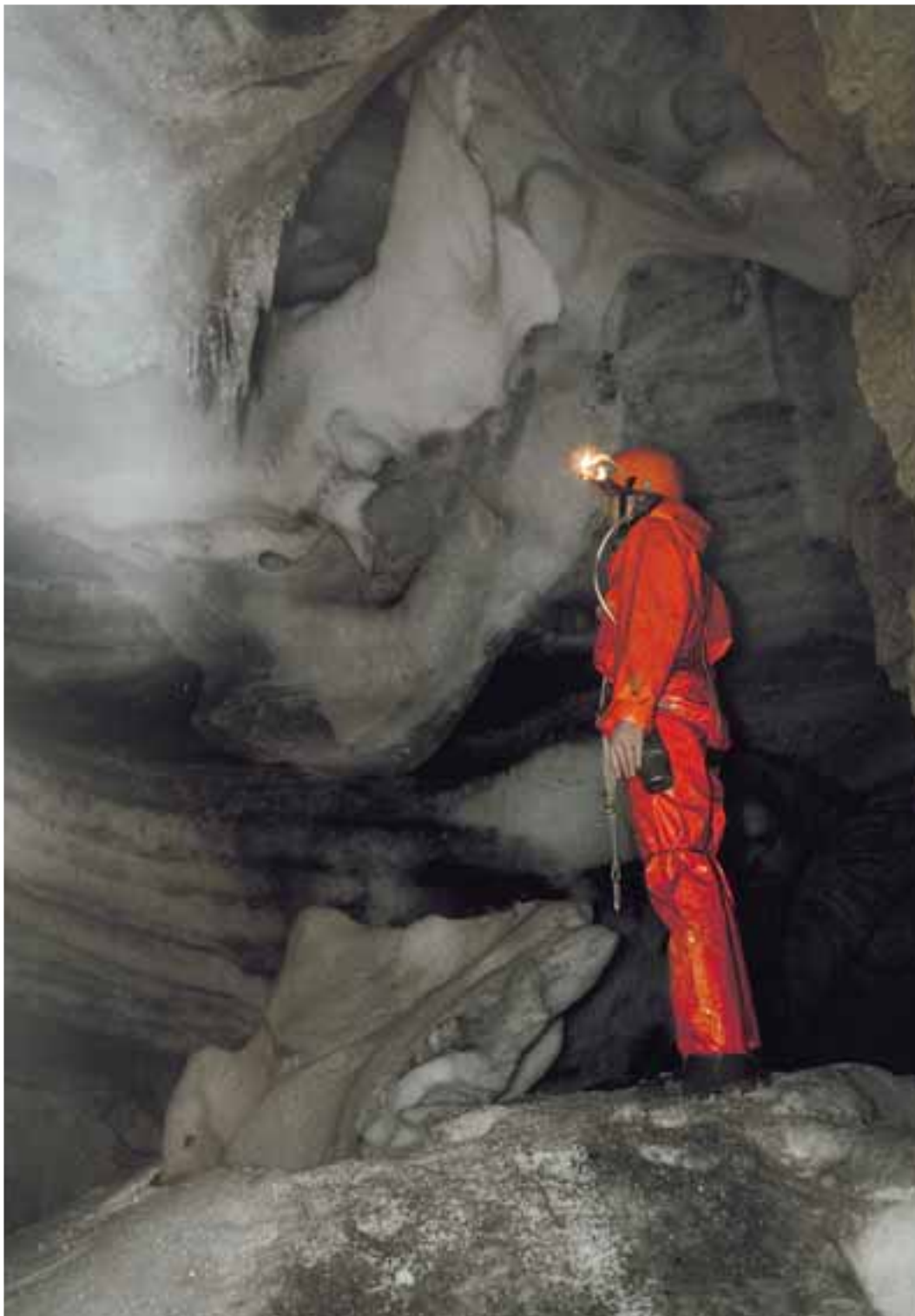
- varie concrezioni (stalattiti e stalagmiti, vaschette, colonne, vele, ecc.) sia dal punto di vista morfologico che di quello della composizione mineralogica generalmente - ma non sempre - calcitica; osservazioni su eventuali rapporti tra le varie forme caratteristiche delle concrezioni e le strutture tettoniche; nei primi metri della cavità si osserverà la presenza di sassi e frane provenienti dall'esterno, mentre massi di crollo autoctoni potranno essere visti ovunque in grotta; osservazione della volta di gallerie e sale (chi visita una grotta tende sempre ad osservare pavimento e pareti, tralasciando il soffitto che rappresenta invece proprio il nucleo originario della genesi della cavità)
- fauna: osservazione sulla presenza di depositi di guano che testimoniano la presenza di pipistrelli; osservazione di animali cavernicoli parietali: ortotteri, ditteri, lepidotteri, ragni; ricerca di qualche eventuale troglobio e osservazione delle caratteristiche di colorazione
13. Osservazione su se stessi: notare le varietà di progressione per avanzare in grotta (strisciare, arrampicare, calarsi, ecc.)
  14. Riflessione sulla semplicità e sulla fragilità dell'ecosistema sotterraneo, sull'importanza del rispetto dell'ambiente e sulla propria capacità di viverlo senza depredarlo o danneggiarlo; recupero dei rifiuti
  15. Momento ludico, da effettuarsi in concomitanza con l'intervallo di pranzo: il gioco del buio, spegnendo tutte le luci e cercando di stare in silenzio assoluto, provando a vivere l'ambiente naturale senza falsarlo; condivisione delle impressioni ed emozioni
  16. Consultazione e interpretazione degli appunti stesi all'andata per individuare il percorso di rientro
  17. Condivisione delle proprie impressioni all'uscita della cavità, in particolare sulle sensazioni della luce e degli odori dell'ambiente esterno.

#### ATTIVITÀ CONCLUSIVE IN CLASSE

18. Rielaborazione dei dati in classe: elaborazione dei rilevamenti, stesura di una relazione scientifica sulla cavità, elaborazione di temi sulle impressioni personali riguardo alla nuova esperienza.

#### PROSECUZIONE DEL LAVORO

19. L'insieme dei dati rilevati e osservati nella visita alla cavità naturale assume ulteriore significato se reinterpretata per confronto con un ambiente superficiale. La diversità dei due ambienti comporta una serie di considerazioni importanti sulla fragilità dell'ambiente sotterraneo e sulla necessità di tutelarlo. Per completare l'esperienza ed approfondire i temi affrontati l'uscita può essere abbinata ad una visita ad una struttura museale che tratti il tema del carsismo, o ad un laboratorio di biologia sotterranea (diffusi in tutt'Italia: Trieste, Vittorio Veneto, Verona, Brindisi, Roma e molti altri).



## Bibliografia

157

AA. VV., 1978 - Manuale di Speleologia. *Longanesi*, Milano.  
Ampio e completo trattato realizzato dalla Società Speleologica Italiana, dedicato a tutti gli aspetti della Speleologia. Seppure datato per alcune parti specifiche (descrizione delle aree carsiche), appare ancora oggi validissimo per gli argomenti generali.

AA. VV., 1982 - Biogeografia delle caverne italiane. *Lavori della Società Italiana di Biogeografia*, n.s., vol. 7 (1978).  
La più completa raccolta di articoli scientifici originali dedicati alla fauna cavernicola di alcune regioni italiane con particolare attenzione agli aspetti biogeografici.

AA. VV., 1989 - Problemi di inquinamento e salvaguardia delle aree carsiche (a cura di M. Chiesi). *SSI, CAI, Nuova Editrice Apulia*.  
Volume interamente dedicato alla descrizione dei meccanismi di compromissione degli acquiferi e del paesaggio carsico, superficiale e profondo, con indicazioni circa le possibili azioni di salvaguardia territoriale e puntuale da intraprendere.

BADINO G., 1998 - Fisica del clima sotterraneo. *Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia*, serie II, 7, Bologna.  
Ampio lavoro dedicato alla descrizione puntuale della fisica del clima sotterraneo: il più completo lavoro mai pubblicato sulla climatologia delle grotte.

BOTOSANEANU L. (ed.), 1986 - Stygofauna Mundi. *E.J. Brill/Dr. W. Backhuys*, Leiden.  
Esauriente e rigorosa trattazione di tutti i taxa presenti nelle acque sotterranee del mondo. Per ogni gruppo animale viene fornita una breve diagnosi, ed un elenco di tutte le specie note sino al 1985, con la distribuzione a livello mondiale.

CASTIGLIONI G.B., 1979 - Geomorfologia. *Utet*, Torino.  
In questa opera di grande valore, un corposo capitolo, curato da U. Sauro, è dedicato alle morfologie carsiche. Ottima la parte iconografica che è stata anche fonte di ispirazione per alcuni disegni di questo volume.

CHIESI M., FERRINI G. & BADINO G., 1999 - L'impatto dell'uomo sull'ambiente di grotta. Quaderni Didattici, n. 5, *Società Speleologica Italiana*, Bologna.  
Dispensa didattica, ad uso dei corsi di introduzione alla speleologia della Società Speleologica Italiana, che riassume i principali problemi ambientali indotti dalla frequentazione umana delle grotte.

COLLIGNON B., 1992 - Il manuale di Speleologia. *Zanichelli*, Bologna.  
Volume dedicato ai diversi aspetti della speleologia scientifica con particolare attenzione al carsismo, pur non dimenticando biospeleologia ed altre tematiche connesse allo studio delle cavità naturali. Riccamente illustrato e completato da una vasta bibliografia, il volume nella sua traduzione in italiano è stato integrato con numerosi ed espliciti riferimenti al nostro territorio.

Ghiacciaio sotterraneo in una cavità del Monte Canin (Alpi Giulie, Friuli)



FILECCIA A., 1996 - Speleologia subacquea. *Vallardi*, Milano.

Manuale dedicato a questo particolare aspetto dell'attività speleologica. È completato dalla descrizione delle aree con le più interessanti cavità marine in Italia e dei più interessanti sifoni in grotta.

FORNASARI L., VIOLANI C. & ZAVA B., 1997 - I Chiroterri italiani. *Epos*, Palermo.

Agile volume che si propone come discreto riferimento divulgativo per chi voglia avvicinarsi al mondo dei pipistrelli senza particolari esigenze di approfondimento.

JUBERTHIE C., DECU V. (eds.), 1994 - Encyclopaedia Biospeologica. *Société de Biospéologie, Moulis (C.N.R.S.), Académie Roumaine*, Tomo I, Bucarest.

Primo volume di un'imponente opera dedicata alla biospeleologia. In questo tomo vengono trattati a livello mondiale numerosi taxa di invertebrati, ed esaminate le faune troglobie dell'America e dell'Europa. Un capitolo è dedicato alla fauna delle grotte italiane.

JUBERTHIE C., DECU V. (eds.), 1998 - Encyclopaedia Biospeologica. *Société de Biospéologie, Moulis (C.N.R.S.), Académie Roumaine*, Tomo II, Bucarest.

In questo secondo volume ampio spazio è dedicato, accanto ad alcuni gruppi tassonomici minori, agli insetti cavernicoli (in particolare ai coleotteri), ai vertebrati ed alla flora. Il terzo volume è ancora in preparazione.

LANZA B., 1983 - Anfibi, rettili. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne italiane. 27. *CNR*, Roma.

Quest'opera, fra letteratura scientifica ed alta divulgazione, contiene una buona sintesi delle conoscenze sul proteo, sui geotritoni e su altre specie di anfibi che è talora possibile incontrare nelle grotte italiane.

MINELLI A., RUFFO S., LA POSTA S., 1993 - Checklist delle specie della fauna italiana. *Calderini*, Bologna.

Elenca tutte le specie note della fauna italiana, rendendo possibile l'uso di una nomenclatura corretta e unificata. La collana è costituita da 110 fascicoli.

TOSCHI A. & LANZA B., 1959 - Fauna d'Italia. IV. Mammalia (Generalità, Insectivora, Chiroptera). *Calderini*, Bologna.

In questo volume della Fauna d'Italia una parte corposa (pp. 187-473) è dedicata all'esame della fauna italiana a pipistrelli con espliciti riferimenti alle specie presenti nelle cavità. È bene non farsi trarre in inganno dalla data di pubblicazione: quest'opera deve essere considerata ancor oggi un ottimo riferimento scientifico per chiunque voglia occuparsi di chiroterri.

VIANELLI M., 2000 - I fiumi della notte. *Bollati Boringhieri*, Torino.

Opera di pregio, anche dal punto di vista fotografico; esamina le varie caratteristiche delle acque sotterranee ed il loro ruolo fondamentale nello sviluppo del fenomeno carsico. Vengono descritti alcuni dei più importanti fiumi sotterranei ed acquiferi carsici italiani.

Molte notizie possono essere ricavate dalle numerose riviste dedicate alla speleologia che vengono pubblicate in Italia. Possiamo citare le pubblicazioni della Società Speleologica Italiana (Speleologia e Le Grotte d'Italia), le riviste Atti e Memorie della Commissione Grotte E. Boegan, Mondo Sotterraneo, International Journal of Speleology (sezioni biologica e scienze della terra), accanto ai numerosi bollettini dei gruppi speleologici locali.

## Glossario

> Allopatria: condizione di completa separazione degli areali di una o più specie; si definisce "speciazione allopatrica" la differenziazione di nuove specie dovuta all'isolamento di alcune popolazioni di un comune progenitore.

> Anoftalmia: assenza di occhi; si tratta di uno degli adattamenti più comuni alla vita nelle cavità ipogee.

> Bentonico: organismo che in un corpo idrico contraendo sempre stretti rapporti con il substrato di fondo.

> Dissoluzione: processo chimico che porta alla solubilizzazione dei calcari ad opera di acque arricchite in anidride carbonica.

> Endemica: aggettivo che indica una specie esclusiva di un territorio geografico di estensione limitata; le grotte sono tra gli ambienti più ricchi di specie endemiche.

> Interazioni biotiche: generiche interazioni tra i più diversi organismi viventi (es.: competizione, predazione, ecc.).

> Freatica: in un massiccio carsico è la zona perennemente satura, in cui prevale lo scorrimento orizzontale delle acque ipogee.

> Gour: termine francese che indica le vaschette di stillicidio.

> Ipogeo: termine che indica l'ambiente sotterraneo; può essere usato come aggettivo (sinonimo di sotterraneo) o come sostantivo (per indicare una cavità sotterranea, naturale o artificiale).

> MSS: acronimo con cui gli autori francesi indicano l'orizzonte del suolo costituito in prevalenza dalla disgregazione delle rocce sottostanti (Milieu Souterrain Superficiel); è considerato habitat intermedio per la colonizzazione dell'ambiente cavernicolo.

> Planctonico: organismo che vive sempre in sospensione nelle acque.

> Speleotemi: insieme dei diversi tipi di depositi presenti in una grotta (concrezioni ed altri).

> Speciazione: processo evolutivo che porta alla differenziazione di nuove specie.

> Stigobi: organismi esclusivi delle acque sotterranee (carsiche e non), ove conducono l'intero ciclo vitale; presentano sempre particolari adattamenti alla vita ipogea.

> Stigofili: organismi presenti nelle acque sotterranee (carsiche e non), ove possono riprodursi, ma non sono esclusivi di questi ambienti potendo condurre il loro ciclo vitale anche nelle acque di superficie.

> Stigosseni: organismi di acque superficiali presenti occasionalmente nelle acque sotterranee, sia per trasporto passivo, sia perché vi ricercano condizioni particolari in alcune fasi del loro ciclo vitale.

> Troglobi: organismi esclusivi delle grotte, ove conducono l'intero ciclo vitale; presentano sempre particolari adattamenti alla vita nell'ambiente ipogeo.

> Troglifili: organismi presenti regolarmente nelle grotte, ove possono riprodursi, ma non ne sono esclusivi di questi ambienti; in alcuni casi (organismi eutroglofili) possono presentare parziali adattamenti alla vita nell'ambiente sotterraneo.

> Trogllosseni: organismi di superficie presenti occasionalmente o accidentalmente nell'ambiente sotterraneo; in alcuni casi frequentano le grotte in particolari fasi del loro ciclo vitale o in alcune stagioni (trogllosseni regolari).

> Vadosa: zona di un massiccio carsico in cui prevale lo scorrimento verticale delle acque (zona insatura), con stillicidi e percolazioni di intensità varia.

Un particolare ringraziamento a Paolo Forti per gli utili consigli e per la lettura critica della parte dedicata al carsismo.

Molti speleologi, cui va il nostro ringraziamento, hanno collaborato alla stesura dei capitoli dedicati alle diverse regioni (Marco Bani, Ezio Burri, Gian Domenico Cella, Paolo Giuliani, Pino Guidi, Carmine Marotta, Paolo Mietto, Mauro Mucedda, Paolo Zambotto).

Gli autori desiderano ringraziare gli specialisti che hanno fornito notizie, revisionato ed integrato i testi relativi ai taxa di loro competenza:

Maria Manuela Giovannelli, Marco Bodon e

Willy de Mattia (molluschi);

Beatrice Sambugar (oligocheti);

Diana Galassi (copepodi);

Roberto Argano (isopodi);

Sandro Ruffo (anfipodi, malacostraci);

Fulvio Gasparo (palpigradi, ragni);

Claudio Chemini (opilioni);

Giulio Gardini (pseudoscorpioni);

Marzio Zapparoli (chilopodi);

Alessandro Minelli (chilopodi, diplopodi);

Pietro Paolo Fanciulli (collemboli);

Paolo Fontana (ortotteri);

Carlo Morandini (lepidotteri);

Achille Casale e

Augusto Vigna Taglianti (coleotteri carabidi);

Stefano Zoia (coleotteri colevidi);

Adriano Zanetti (coleotteri stafilinidi);

Giorgio Sabella e Roberto Poggi

(coleotteri stafilinidi pselafini);

Fabio Penati (coleotteri isteridi);

Giuseppe Osella (coleotteri curculionidi).

Achille Casale ha inoltre gentilmente revisionato il testo relativo alla biogeografia della fauna cavernicola e Valerio Sbordon ha fornito preziosi suggerimenti.

La responsabilità di quanto riportato nel testo, nonché di eventuali errori ed omissioni, rimane esclusivamente degli autori.

Il volume è stato realizzato con i fondi del Ministero dell'Ambiente.

Finito di stampare nel mese di aprile 2002  
presso le Arti Grafiche Friulane SpA - Tavagnacco, Udine.  
Printed in Italy.